

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平6-258675

(43)公開日 平成6年(1994)9月16日

(51)Int.Cl. <sup>5</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 2 F 1/35		9316-2K		
H 0 4 B 10/18		8523-5K	H 0 4 B 9/ 00	M

審査請求 未請求 発明の数 6 O L (全 5 頁)

(21)出願番号	特願平6-8058	(71)出願人	590005003 アルカテル・エヌ・プイ ALCATEL NEAMLOZE VE NNOOTSHAP オランダ国、1077 エックスエックス・ア ムステルダム、ストラビンスキーラール 341
(22)出願日	平成6年(1994)1月28日	(72)発明者	オリビエ・オードウアン フランス国、91600・サビニー・シュール・ オルジュ、リュ・アンリ・デュナン、 15
(31)優先権主張番号	93 00856	(74)代理人	弁理士 川口 義雄 (外2名)
(32)優先日	1993年1月28日		
(33)優先権主張国	フランス (F R)		

最終頁に続く

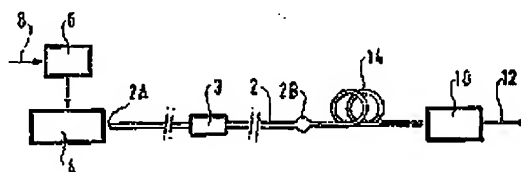
(54)【発明の名称】 光ソリトン伝送システム及び方法

(57)【要約】

【目的】 ソリトンを使用する伝送路に影響する伝送誤りが受信パルスに影響するゴードン・ハウスジッタに少なくとも部分的に起因する場合に、その誤り率を簡単に制限する。

【構成】 正の波長分散を有する伝送路ファイバと、伝送すべき情報を搬送するソリトンを案内及び維持するための雑音性増幅器手段とを含む本発明の光ソリトン伝送システムは、前記増幅器手段の下流に配置されており、該増幅器手段により前記ソリトンに加えられるジッタを部分的に補償するための負の波長分散を有する補償装置を含むことを特徴とする。

FIG.1



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 正の波長分散を有する伝送路ファイバと、伝送すべき情報を搬送するソリトンを案内及び維持するための雑音性増幅器手段とを含む光ソリトン伝送システムであって、前記増幅器手段の下流に配置されており、該増幅器手段により前記ソリトンに加えられるジッタを部分的に補償するための負の波長分散を有する補償装置を含むことを特徴とする光ソリトン伝送システム。

【請求項2】 入力及び出力を有する長尺光ファイバにより構成され且つ正の単位長波長分散に関連する分散効果とカー効果とを有する伝送路ファイバであって、前記分散効果とカー効果とは、パルスが前記ファイバのソリトンの特性を表す強度、パルス幅、変形形態及びスペクトル幅を有するときに、前記ファイバにより案内される光パルスの形態を維持するように相互に補償し合い、前記ファイバは該ファイバにより案内される光パルスに漸次自然減衰を加えるので、この自然減衰を少なくとも部分的に補償するように前記パルスを増幅する増幅器手段をその長手方向に備えており、前記増幅器手段の雑音は同時に、前記伝送路の前記分散効果と相俟って前記パルスのジッタを構成するランダムな時間的ゆらぎを生じるランダムな寄生スペクトル変位を前記パルスに加える前記伝送路ファイバと、要求に応じて前記ファイバの前記ソリトンを構成する伝送パルスを伝送路ファイバの前記入力に供給するための光源と、伝送すべき情報を受信し、伝送すべき情報がパルス間の時間間隔により表される前記伝送パルスの列を供給させるように前記光源を制御するシステム入力回路と、前記ジッタの補償手段と、伝送路ファイバの前記出力から前記伝送パルスを受信し、伝送すべき前記情報を再生するようにこれらのパルス間の時間間隔を処理する受信器とを含む光ソリトン伝送システムであって、ジッタの前記補償手段が伝送路ファイバの前記出力と前記受信器との間で前記伝送パルスを伝送し且つ前記ジッタを部分的に補正する負の総波長分散を有する補償装置を含むことを特徴とする光ソリトン伝送システム。

【請求項3】 前記補償装置が、伝送路ファイバの前記正の単位長波長分散にファイバ長と1～50%の補償率とを乗じた積に等しい絶対値を有する負の総波長分散を有することを特徴とする請求項2に記載のシステム。

【請求項4】 前記補償率が2～20%であることを特徴とする請求項3に記載のシステム。

【請求項5】 前記補償装置が補償光ファイバにより構成されることを特徴とする請求項2に記載のシステム。

【請求項6】 増幅雑音を導入する増幅器手段を含む伝送路ファイバに、伝送すべき情報を搬送する光パルスを注入してソリトンを構成するソリトン伝送方法であって、前記光パルスが前記増幅器手段から出力後に負の総

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は光パルス形態での光ファイバ情報通信に係る。

【0002】

【従来の技術】 2種の効果の補償により「ソリトン」と呼称される適切な形態の短パルスが光ファイバ中を変形せずに伝搬し得ることは知られている。一方の効果はこれらのパルスの群伝搬速度に影響する波長分散 (dispersion chromatique) を生じる分散効果である。他方はカー型の非線形光学効果である。この補償現象は「ソリトン効果」と呼称されることがある。

【0003】 このソリトン効果を得るためには同時に複数の条件を満たさなければならない。まずパルスは短パルスでなければならない。例えば10Gb/sの伝送の場合、パルス幅は半強度で約20psでなければならない。時間tの関数としてパルス強度Iの変化を表す曲線は式：

【0004】

【数1】

$$I = 4I_0 / (e^{t/\tau} + e^{-t/\tau})^2$$

【0005】 (式中、I<sub>0</sub>はピーク強度であり、τは半値パルス幅に比例する期間である) により定義される形態でなければならない。次に、パルスは「フーリエ変換限界に近く」なければならない、即ちパルス幅とスペクトル幅の積は約0.7の限界を越えてはならず、0.32の理論限界にできるだけ近くななければならない。最後に、パルス強度は伝搬中はば一定に維持されなければならない。ファイバに関しては、光パルスのピーク強度にカー効果を表す定数を乗じた積と、これらのパルスのスペクトル幅の2乗にこのファイバの各単位長中に現れる波長分散効果を表す定数を乗じた積との間に適切な比が設定されなければならない。後者定数は単位長波長分散であり、該単位長波長分散とファイバ長との積はこのファイバの総波長分散 (即ちこのファイバの入力と出力との間に生じる波長分散) を構成する。ソリトン効果を得るためには、単位長波長分散と総波長分散とは正でなければならない、これはパルスの中心波長がファイバの特性を表す零分散波長よりも長い場合に得られる。

【0006】 ソリトン効果は、バイナリコーディングを使用する高速大洋橋断 (6000～9000km) リンクで利用すると非常に有利であり得る。光ファイバはパルスの自然減衰を生じる損失を伴うので、長距離伝送は光増幅器により損失を補償されたファイバ中のソリトン伝搬により達せられる。光増幅器は一般にエルビウムドープファイバにより構成される。光増幅器はパルスがソ

る。

【0007】しかしながら、これらの増幅器により不可避免的に発生される雑音は、S/N比を劣化させるとともに、受信装置の入力にパルスの「ジッタ(gigue temporelle)」を出現させるため、許容可能な遅延及び速度を制限する。

【0008】このジッタはゴードン-ハウス型と呼称される。ジッタは増幅雑音のソリトンへの重畳が、このソリトンの中心波長を変化させるということに相等するという事実の結果として生じる。この波長変化はファイバの波長分散によりファイバ伝搬速度を変動させる。雑音はランダムであるため、種々のソリトンの速度はランダムに変動し、従って、受信側にパルスのランダムな時間的ゆらぎ(deplacement temporel)が生じる。このゆらぎが前記ジッタであり、伝送誤り率の増加の原因となる。

【0009】この点については以下の2件の論文を参照されたい。

【0010】-Gordon及びMollenauer "Effect of fiber nonlinearities and amplifier spacing on ultra-long distance transmission", J. Light. Technol., 9, 170 (1991).

-Gordon及びHaus, "Random walk of coherently amplified solitons in optical fiber transmission", Optics Lett., 11, 665 (1986)。

【0011】ソリトン伝送システムの誤り率を最小限にするためには、2つの相反する条件を同時に満足しなければならない。第1の条件としてはジッタを制限しなければならない。そのためには単位長波長分散の小さいファイバを選択する必要がある。第2の条件としては、S/N比を十分高い値に維持しなければならない。そのためには、伝送されるパルスが高エネルギーを有する必要がある。高エネルギーは高い非線形効果を生じる。従って、後者条件を満たすためには、この高い非線形効果を補償するのに必要な単位長波長分散の大きい伝送路ファイバを選択する必要がある。この補償自体はソリトン効果を得るために必要である。

【0012】これらの2つの条件を満たすには、総伝送誤り率を最小限にするように単位長波長分散の最適中間値を選択しなければならない。このような最適値が実現されるとき、S/N比の劣化及びジッタはいずれもこの最小化総誤り率にかなり影響すると思われる。

【0013】そこで、特にこのジッタを制限することが提案された。このために2種の公知方法が提案された。

【0014】第1の方法は文献 "10Gb/s soliton data transmission over one million kilometres", NAKAZAWA, YAMADA, KUBOTA, SUZIKI, Elect. Letters, 27, 1270 (1991)により公知である。この方法によると、パルスのソリトン特性とパルス間の時間間隔とを同時に維持するようにパルス波形を随所で再生する。

【0015】第2の公知方法は文献 "Soliton Transmission Control" MECOZZI, MOORES, HAUS, LAI, Optics Letters, 16, 1841 (1992)により提案された。この方法は中心波長値を維持するようにパルスの副波数総波を随所で行うものである。

【0016】

【発明が解決しようとする課題】これらの2種の公知方法は、第1の方法では変調器の同期、第2の方法ではフィルタの中心波長の制御という重大な技術的問題があるため、高価である。

【0017】本発明の目的は特に、ソリトンを使用する伝送路に影響する伝送誤りが受信パルスに影響するゴードン-ハウスジッタに少なくとも部分的に起因する場合に、その誤り率を簡単に制限することである。

【0018】

【課題を解決するための手段】この目的で本発明は特に、正の波長分散を有する伝送路ファイバと、伝送すべき情報を搬送するソリトンを案内及び維持するための雑音性増幅器手段とを含む光ソリトン伝送システムに係り、該システムは、前記増幅器手段3の下流に配置されており、該増幅器手段3により前記ソリトンに加えらるるジッタを部分的に補償するための負の波長分散を有する補償装置14を含むことを特徴とする。

【0019】この補償装置の総波長分散は負であるため、この装置により受信される光パルスは必然的にソリトン特性を失い、換言するならば変形し、特に幅が広がる。この装置が伝送路ファイバと同様のカー効果をも有する光ファイバにより構成されるとしても同様である。パルス広がりが増加する傾向があることは知られている。しかしながら、本発明によると、このような補償装置の存在によりこの誤り率を低減できることが知見された。

【0020】以下、添付図面を参考に本発明の実施例を非限定的に説明する。

【0021】

【実施例】図1中、本発明のシステムは公知の下記機能を有する下記要素を含む。

有しており、正の単位長波長分散 $D_L$ とカー効果とを有する。この分散及びカー効果は、パルスがこのファイバのソリトンの特性を表す強度、パルス幅、変形形態及びスペクトル幅を有するとき、このファイバにより案内される光パルスの形態を維持するように相互に補償し合う。更に、このファイバは該ファイバにより案内される光パルスに漸次自然減衰を加える。このため、ファイバはこの自然減衰を少なくとも部分的に補償するようにこれらのパルスを増幅する増幅器手段3をその長手方向に値える。残念ながら、この増幅器手段は同時に、これらのパルスにランダムな寄生スペクトル変位を加え、このスペクトル変位は伝送路の波長分散と相俟ってこれらのパルスのジッタを構成するランダムな時間的ゆらぎを生じる。

【0023】—光源4は要求に応じて前記ファイバのソリトンを構成する伝送パルスを伝送路ファイバ2の入力に供給する。

【0024】—システム入力回路6は、伝送すべき情報8を受信する。該回路は伝送パルス列を供給させるように光源4を制御する。このパルス列において、パルス間の時間間隔は伝送すべき情報を表す。これらのパルスは等間隔に配置されたクロック時刻 (instant's d'horloge) のみに供給されることが一般的であり、情報はこれらの時刻におけるパルスの有無によりバイナリ形態で表される。

【0025】—ジッタの補償手段を備える。

【0026】—最後に、受信器10は伝送路ファイバの出力2Bから伝送パルスを受信する。該受信器は伝送すべき前記情報を再生(12)するようにこれらのパルス間の時間間隔を処理する。

【0027】本発明によると、ジッタの補償手段は伝送路ファイバの出力2Bと受信器10との間で伝送パルスを伝送する補償装置14を含み、該装置はこのジッタを部分的に補正する負の総波長分散を有する。

【0028】補償率TCは、この負の総波長分散の絶対値がこの補償率と伝送路ファイバ2により導入される正の総波長分散の積に等しくなるように定義される。好ましくは、この補償率TCは1~50%、好ましくは2~20%である。

【0029】より厳密には、ジッタの低減は補償率50%で最大である。しかしながら、補償装置はソリトン効果を有し得ないのでパルスは広がり、連続記号間の干渉により誤りが増加する。従って、記号間の干渉を過度に増大することなくジッタを実質的に低減させるような補

償装置の分散の最適値が存在する。

【0030】例えば、半値パルス幅40ps (即ちビット時間の1/5) のソリトン伝送により公知通りに得られる9000km、5Gb/sのリンクの場合を考察する。ジッタの補償手段の不在下では、伝送路ファイバの最適単位長波長分散は正であり、+0.7ps/nm.kmである。このようなリンクは約 $10^{-11}$ の誤り率を有する。-1620ps/nmの負の総波長分散即ち補償率TC=18%を有する本発明の補償装置を使用すると、伝送路ファイバの最適単位長波長分散は1ps/nm.kmとなり、3.2GHzのような適切な通過帯域を有する電気フィルタ (図示せず) を受信器10に組み込むと、誤り率は $10^{-14}$ に達する。

【0031】この補償装置は単に、例えば-30ps/nm.kmの負の単位長波長分散を有する「補償」光ファイバにより構成され得る。このファイバの最適長は54kmである。

【0032】図2及び図3は、上記の場合に使用される増幅器手段が30km間隔で配置された光増幅器 (例えば増幅器3) から構成されると仮定した。伝送路ファイバの単位長波長分散 $D_L$ を横軸にps/nm.kmとして表す。

【0033】図2は補償率(%)を示す。

【0034】図3は誤り率の対数Log(BER)を縦軸に示す。グラフ20はジッタの補償手段を使用しない場合に対応する。グラフ22は本発明に従って最適化された補償装置を使用した場合に対応する。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の伝送システムの概略図である。

【図2】横軸に示した伝送路ファイバの単位長波長分散の関数として補償率の最適値の変化を縦軸に示したグラフである。

【図3】横軸に示した伝送路ファイバの単位長波長分散の関数として誤り率の変化を縦軸に示した2つのグラフを示す。

【符号の説明】

2 伝送路ファイバ

2A 入力

2B 出力

3 増幅器手段

4 光源

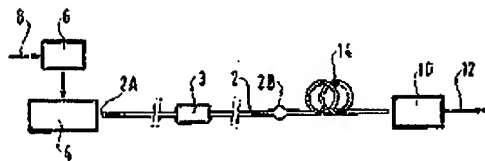
6 システム入力回路

10 受信器

14 補償装置

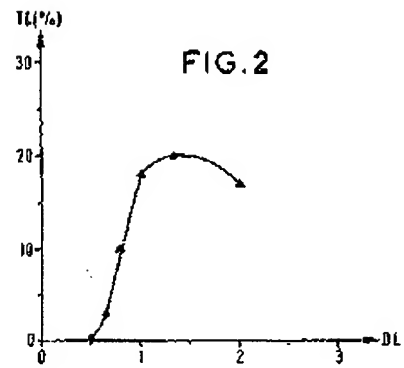
【図1】

FIG.1



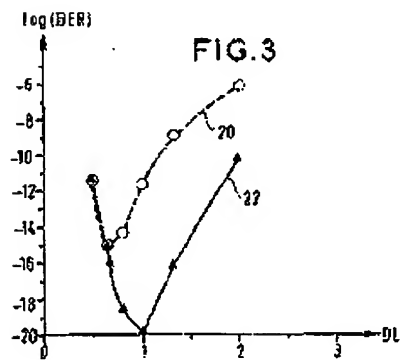
【図2】

FIG.2



【図3】

FIG.3



フロントページの続き

(72)発明者 ジヤーン・ピエール・アメード  
 フランス国、91180・サン・ジェルマン・  
 レ・サルバジヨン、リュ・ドユ・ドクトウ  
 ール・エル・バビン、46・ビス

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **06258675 A**

(43) Date of publication of application: **16.09.1994**

(51) Int. Cl. **G02F 1/35**  
**H04B 10/18**

(21) Application number: **06008658**  
(22) Date of filing: **28.01.1994**  
(30) Priority: **28.01.1993 FR 93 9300856**

(71) Applicant: **ALCATEL NV**  
(72) Inventor: **AUDOUIN OLIVIER**  
**HAMAIDE JEAN-PIERRE**

### (54) LIGHT SOLITON TRANSMISSION SYSTEM AND METHOD

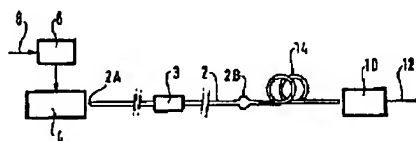
#### (57) Abstract:

**PURPOSE:** To easily limit the error rate in the case that transmission errors affecting a transmission line using soliton are at least partially caused by Gordon-Haus jitters affecting reception pulses.

**CONSTITUTION:** This light soliton transmission system provided with a transmission line fiber 2 provided with positive wavelength dispersion and a noise amplifier means 3 for guiding and maintaining the soliton

for carrying information to be transmitted is provided with a compensation device 14 provided with negative wavelength dispersion for partially compensating jitters added to the soliton by the amplifier means 3 arranged in the downstream of the amplifier means 3.

COPYRIGHT: (C)1994,JPO



## SYSTEM AND METHOD FOR TRANSMISSION OF OPTICAL SOLITON

Publication number: JP6258675

Publication date: 1994-09-16

Inventor: ORIBIE ODOUAN; JIYANNPIEERU AMEEDO

Applicant: ALCATEL NV

Classification:

- international: **G02F1/35; H04B10/02; H04B10/18; G02F1/35; H04B10/02; H04B10/18; (IPC1-7): G02F1/35; H04B10/18**

- European: H04B10/18S

Application number: JP19940008658 19940128

Priority number(s): FR19930000856 19930128

Also published as:

EP0609129 (A1)

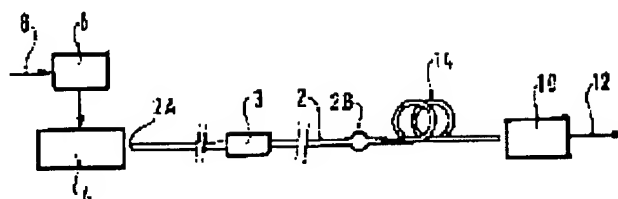
FR2700901 (A1)

EP0609129 (B1)

[Report a data error here](#)

### Abstract of JP6258675

**PURPOSE:** To easily limit the error rate in the case that transmission errors affecting a transmission line using soliton are at least partially caused by Gordon-Haus jitters affecting reception pulses. **CONSTITUTION:** This light soliton transmission system provided with a transmission line fiber 2 provided with positive wavelength dispersion and a noise amplifier means 3 for guiding and maintaining the soliton for carrying information to be transmitted is provided with a compensation device 14 provided with negative wavelength dispersion for partially compensating jitters added to the soliton by the amplifier means 3 arranged in the downstream of the amplifier means 3.



Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide

